Mars 2015

Série technique

Potentiel de l'énergie solaire pour les maisons durables construites pour le Nord

INTRODUCTION

Les technologies à énergie renouvelable, comme les panneaux photovoltaïques (PV) et les systèmes solaires thermiques, ont le potentiel de compenser les besoins en énergie des maisons construites pour le Nord du Canada. Le total annuel du rayonnement solaire disponible dans le Nord est en réalité très semblable à celui des centres urbains dans le Sud du Canada. Les prix sans cesse croissants des combustibles et les coûts plus concurrentiels des technologies solaires suscitent un intérêt pour l'utilisation de la production d'énergie renouvelable sur place afin de réduire la dépendance aux combustibles fossiles. En outre, comme les combustibles doivent être importés et stockés dans les endroits plus au Nord, les préoccupations environnementales associées au déversement de combustibles et aux émissions polluantes peuvent être en partie résolues par la production locale d'électricité à partir d'énergie solaire.

En raison des charges élevées de chauffage et de l'énergie qui est très coûteuse, l'efficacité énergétique fait de plus en plus partie de la conception des maisons construites pour le Nord. Cependant, il peut arriver que les retours associés à l'application de mesures éconergétiques diminuent et il devient alors plus pratique et plus abordable d'envisager des moyens de capter l'énergie solaire renouvelable pour répondre aux besoins des ménages. Toutefois, l'orientation et les surfaces de captage de l'énergie solaire dans le Nord demeurent problématiques.

Pour évaluer le potentiel de l'énergie solaire pour les maisons dans le Nord, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a appuyé une étude de modélisation des quatre maisons durables construites pour le Nord par des fournisseurs de maisons dans les régions nordiques afin de faire la démonstration d'options de logement adaptées à la culture et éconergétiques. Les maisons durables construites pour le Nord, conçues et construites par des fournisseurs de logement de chacun des trois territoires qui en sont également propriétaires, servent d'études de cas pour illustrer la façon d'optimiser la conception et l'orientation des toits (sur lesquels des panneaux solaires peuvent être installés) par rapport à l'exposition au rayonnement solaire annuel.

Les maisons durables construites pour le Nord

Il y a quatre maisons durables construites pour le Nord situées dans le Nord du Canada (voir le tableau 1). La Maison durable construite pour le Nord E/2 à Dawson, achevée en 2008, et la Maison durable construite pour le Nord E/9 à Dawson, achevée en 2009, sont toutes deux situées dans le même quartier de la Ville de Dawson (64° N), au Yukon. La Maison durable construite pour le Nord d'Inuvik, achevée en 2011, est située à Inuvik (68° N), dans les Territoires du Nord-Ouest. La Maison durable construite pour le Nord d'Arviat, achevée en 2013, est située à Arviat (61° N), au Nunavut.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Tableau 1 Maisons durables construites pour le Nord et données climatiques

Nom	Endroit	Type	Chauffage solaire de l'eau	PV solaire	Latitude, longitude	Degrés-jours de chauffage[1]	Rayonnement solaire annuel[2]	Vitesse du vent moyenne annuelle[3]
Maison durable pour le Nord E/2 à Dawson	Dawson, YT	Individuelle	s.o.	s.o.	64,07°N, 139,43°W	8 120	13,7 MJ/m²	1,1 m/s à 10 m, 3,12 m/s à 30 m
Maison durable pour le Nord E/9 à Dawson	Dawson, YT	Duplex	2 panneaux plans	s.o.	64,07°N, 139,43°W	8 120	13,7 MJ/m²	1,1 m/s à 10 m, 3,12 m/s à 30 m
Maison durable pour le Nord d'Inuvik	Inuvik, NT	Duplex	4 panneaux plans	3,6 kW (8 panneaux)	68,36°N, 133,69°W	9 600	12,2 MJ/m²	2,7 m/s à 10 m, 4,56 m/s à 30 m
Maison durable pour le Nord d'Arviat	Arviat, NU	Individuelle	s.o.	s.o.	61,11°N, 94,06°W	9 850	15,0 MJ/m²	7,55 m/s à 30 m

Comme point de comparaison, Ottawa a 4 500 degrés-jours de chauffage et 15,8 MJ/m2 de rayonnement solaire disponible, une vitesse du vent de 3,9m/s à 10 m, 3,35 m/s à 30 m.

[1] Degrés-jours sous 18 °C **(Conseil national de recherche du Canada, 2010)**
[2] Rayonnement solaire annuel pour une façade au sud, et incliné = latitude - 15° **(Ressources naturelles Canada, 2013)**
[3] Vitesse du vent moyenne à 10 m **(Ressources naturelles Canada, 2010)** (données pour Arviat non disponibles); vitesse du vent moyenne à 30 m **(Environnement Canada, 2003)**

Toutes les maisons durables construites pour le Nord visaient à obtenir des économies d'énergie importantes tout en répondant aux besoins culturels des communautés où elles étaient situées. Chacune des maisons a été dotée de niveaux plus élevés d'isolation thermique, d'un ventilateur récupérateur de chaleur, d'appareils à haut rendement pour le chauffage des locaux et de l'eau et d'une meilleure étanchéité à l'air. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les maisons durables construites pour le Nord, consultez le site Web de la SCHL au www.schl.ca. Pour évaluer l'incidence des changements apportés à la structure et à l'orientation du toit de la maison ayant un potentiel en énergie solaire, le logiciel RETScreen de Ressources naturelles Canada a été utilisé de concert avec les connaissances des caractéristiques de construction propres à chacune des maisons.

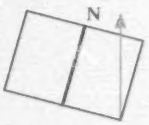
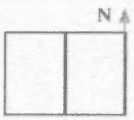
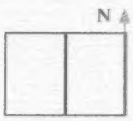
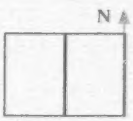
Maison durable construite pour le Nord E/2 à Dawson

La Maison durable E/2 à Dawson (voir la figure 1), au Yukon, est une maison individuelle isolée dotée de caractéristiques solaires passives. Grâce au grand toit orienté presque plein sud, la maison offre un grand potentiel pour des technologies solaires actives intégrées au toit. La quantité d'énergie solaire qui atteint la structure du toit a été établie pour deux orientations et deux pentes de toit.

Le tableau 2 résume le rayonnement solaire disponible annuellement pour les scénarios proposés. L'option du nouveau concept de construction n° 2, quoique bien moins réaliste et beaucoup plus dispendieux à construction que des structures de toit conventionnelles, offrait le potentiel le plus élevé de rendement solaire. Des supports pourraient être installés sur le toit, permettant ainsi de surélever les panneaux solaires avec l'inclinaison souhaitée sans avoir à modifier la pente du toit, bien qu'il faille tenir compte des charges du vent et de l'esthétique en général et de la surface de captage du rayonnement solaire qui serait réduite en raison d'une inclinaison plus abrupte. Des options de conception semblables au concept de construction neuve n° 3 pourraient être plus viables dans le cas de scénarios d'une construction neuve.

Figure 1 Maison E/2 à Dawson

Tableau 2 Résumé des différents scénarios de conception pour l'intégration de l'énergie solaire à la maison durable pour le Nord E/2 à Dawson

	Rénovation d'une maison existante	**Concept n° 1 d'une construction neuve**	**Concept n° 2 d'une construction neuve**	**Concept n° 3 d'une construction neuve**
Description	Orientation et angle de toit existant, ajout de panneaux pour couvrir le toit	Orienter la surface principale du toit au sud, garder le même angle du toit	Orienter la surface principale du toit au sud, modifier l'angle du toit ou placer les panneaux à un angle optimal	Orienter la surface principale du toit au sud, modifier l'angle du toit au maximum pour y intégrer les panneaux
Inclinaison	Toit original 22,6° (5:12)	Toit original 22,6° (5:12)	Toit modifié 49° (latitude -15°)	Toit modifié 30,3° (7:12)
Orientation de la face en pente du toit	 Décalé de 15°au sud	 Face au sud	 Face au sud	 Face au sud
Superficie disponible sur le toit principal	99 m^2	99 m^2	145 m^2	105 m^2
Rayonnement quotidien moyen disponible	3,27 kWh/m^2/jour 91 % du max.	3,29 kWh/m^2/jour 91 % du max.	3,61 kWh/m^2/jour 100 % du max.	3,43 kWh/m^2/jour 95 % du max.
Rayonnement total annuel disponible sur la surface	1 295 MJ	1 303 MJ	2 079 MJ	1 420 MJ

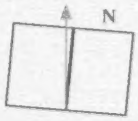
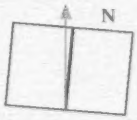
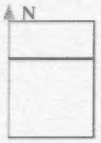
Maison construite pour le Nord E/9 à Dawson

La Maison construite pour le Nord E/9 à Dawson (voir la figure 2), au Yukon, est un duplex doté de caractéristiques solaires passives et d'un système de chauffe-eau solaire à deux panneaux installé sur le toit du porche face au sud. Puisque la maison est orientée de manière à ce que ses surfaces de toit soient à l'est et à l'ouest, le bâtiment actuel n'offre pas beaucoup de potentiel pour l'ajout de panneaux solaires supplémentaires, sauf si l'on augmente la surface du toit du porche. Pour une future construction selon ce concept, on pourrait songer à orienter la maison pour que la surface de son toit soit au sud (ou faire pivoter la structure du toit de 90 degrés) et en inclinant les panneaux selon un angle optimal.

Figure 2 Maison E/9 à Dawson

Le tableau 3 résume le rayonnement solaire disponible (par unité de surface et le total annuel) pour les scénarios proposés. L'option de rénovation du bâtiment existant peut être réalisée sans modification importante de la conception du bâtiment. En se servant de toute la surface de façade disponible pour intégrer un toit de porche plus grand, on pourrait possiblement quadrupler la capacité solaire existante. Les trois options de concept de construction neuve exigent de faire pivoter tout le bâtiment (ou uniquement la structure du toit) de 90 degrés pour que la surface principale du toit soit orientée au sud. Cette modification à elle seule fera en sorte que la capacité solaire disponible augmentera de plus de 11 fois en raison de la surface de captage de l'énergie solaire disponible Bien que les options n° 1 et n° 2 pour une construction neuve soient réalisables en termes d'inclinaison de toit, l'option n° 3 d'une construction neuve est moins réaliste en raison des coûts de construction qui seraient beaucoup plus élevés.

Tableau 3 Résumé des différents scénarios de conception pour l'intégration de l'énergie solaire à la Maison E/9 à Dawson

	Construction actuelle	**Rénovation d'une maison existante**	**Concept n° 1 d'une construction neuve**	**Concept n° 2 d'une construction neuve**	**Concept n° 3 d'une construction neuve**
Description	2 panneaux solaires pour le chauffage de l'eau sur le toit du porche à 60° orienté au sud	Augmenter la surface du toit du porche et ajouter des panneaux supplémentaires pour couvrir la superficie disponible	Orienter la surface principale du toit au sud, conserver la pente existante du toit à 4:12, installer des panneaux pour couvrir la superficie disponible	Orienter la surface principale du toit au sud, modifier la pente du toit à 7:12, installer des panneaux pour couvrir la superficie disponible	Orienter la surface principale du toit au sud, modifier la pente du toit à pour qu'il ressemble à un toit de grange de 45° et à 18,4°, installer des panneaux pour couvrir la superficie disponible
Inclinaison	Toit du porche original à 60°	Toit du porche original à 60°	Toit existant 18,4° (4:12)	Toit modifié 30,3° (7:12)	Toit modifié 45° et 18,4°
Orientation de la face en pente du toit	 5° à l'est ou à l'ouest du sud	 5° à l'est ou à l'ouest du sud	 Face au sud	Face au sud	Face au sud
Superficie disponible sur le toit principal	11 m² (2 panneaux)	43 m² (8 panneaux)	142 m²	157 m²	52 m² à 45° 104 m² à 18,4°
Rayonnement quotidien moyen disponible	3,58 kWh/m²/jour 100 % du max.	3,58 kWh/m²/jour 100 % du max.	3,19 kWh/m²/jour 89 % du max.	3,43 kWh/m²/jour 96 % du max.	3,59 kWh/m²/jour pour 45° 89 % du max. 3,19 kWh/m²/jour pour 18,4° 100 % et 89 % du max.
Rayonnement total annuel disponible sur la surface	39 MJ	155 MJ	454 MJ	537 MJ	518 MJ

Maison durable construite pour le Nord d'Inuvik

La Maison durable pour le Nord d'Inuvik (voir la figure 3), dans les Territoires du Nord-Ouest, est un duplex doté de caractéristiques solaires passives, d'un système de chauffe-eau solaire à deux panneaux et d'un système électrique solaire de 1,7 kW dans chaque logement; tous ces éléments sont installés sur le toit orienté au sud-est. Pour une future construction selon ce concept, on pourrait orienter le duplex plein sud et modifier l'inclinaison du toit.

Les panneaux solaires existants sont montés à un angle de 75 degrés sur le toit principal. Il y a aussi deux toits latéraux en retrait du toit principal qui pourrait recevoir d'autres panneaux solaires, mais qui seraient en partie à l'ombre durant le jour.

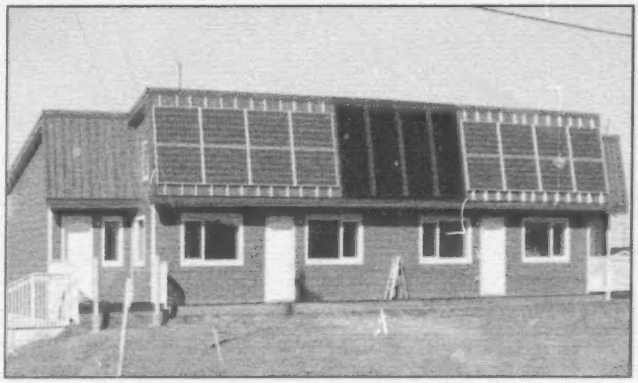
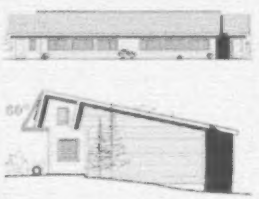
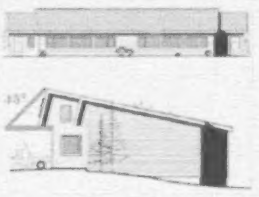
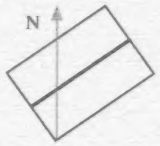
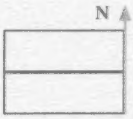
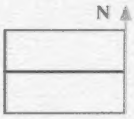
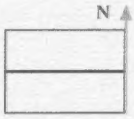


Figure 3 Maison durable construite pour le Nord d'Inuvik

Tableau 4 Résumé des différents scénarios de conception de la Maison durable construite pour le Nord d'Inuvik

	Construction actuelle	Concept n° 1 d'une construction neuve	Concept n° 2 d'une construction neuve	Concept n° 3 d'une construction neuve
Description	8 panneaux photovoltaïques et 2 panneaux solaires pour le chauffage de l'eau par logement, installés sur le toit principal à 75°; le toit principal est orienté à 35° du sud vers l'est	Orienter la face principale du toit au sud, conserver la pente actuelle du toit et ajouter d'autres panneaux pour couvrir le toit latéral	Orienter la face principale du toit au sud, modifier la pente actuelle du toit à 60° et ajouter d'autres panneaux pour couvrir le toit principal et le toit latéral	Orienter le toit principal au sud, modifier la pente actuelle du toit à 45° et ajouter d'autres panneaux pour couvrir le toit principal et le toit latéral
Inclinaison	Toit original 75°	Toit original 75°	 Toit modifié 60°	 Toit modifié 45°
Orientation de la face en pente du toit	 35° à l'est du sud	 Face au sud	 Face au sud	 Face au sud
Superficie disponible sur le toit principal	32 m² (toit principal seulement)	43 m² (surface principale du toit et toits latéraux)	47 m² (surface principale du toit et toits latéraux)	58 m² (surface principale du toit et toits latéraux)
Rayonnement quotidien moyen disponible	3,33 kWh/m²/jour 91 % du max.	3,53 kWh/m²/jour 96 % du max.	3,66 kWh/m²/jour 100 % du max.	3,60 kWh/m²/jour 98 % du max.
Rayonnement total annuel disponible sur la surface	108 MJ	149 MJ	171 MJ	207 MJ

Le tableau 4 résume la puissance solaire disponible pour les scénarios proposés. La réduction de l'angle du toit où sont montés les panneaux solaires par le prolongement du soffite permettrait d'augmenter la surface disponible pour le captage de l'énergie solaire; cependant, il y aurait ainsi davantage d'ombre sur les fenêtres orientées au sud et, par le fait même, une réduction des gains solaires passifs. En utilisant le toit principal et les toits latéraux, en orientant la maison au sud et en réduisant l'angle du toit à 60 degrés, on a constaté que l'option du concept n° 2 pour une nouvelle construction offrirait presque le potentiel maximal d'énergie solaire et fournirait 1,6 fois plus de potentiel solaire (MJ/an) que la construction actuelle.

Maison durable construite pour le Nord d'Arviat

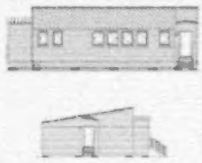
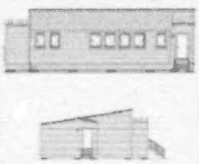
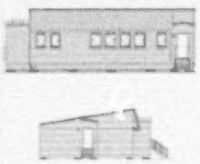
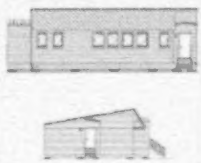
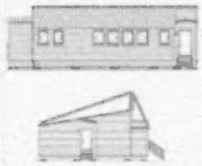
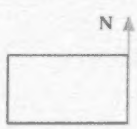
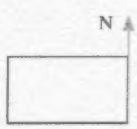
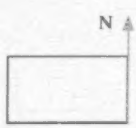
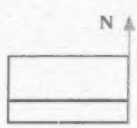
La Maison durable construite pour le Nord d'Arviat (voir la figure 4), au Nunavut, est une maison individuelle dotée de caractéristiques solaires passives, conçue de manière à être prête pour le solaire à la surface disponible en façade.

La maison a été conçue de manière à être prête pour le solaire et le concept original prévoit l'installation future de panneaux solaires sur sa façade sud (45 degrés à l'est du sud). Dans le concept actuel, la façade principale où les technologies solaires pourraient être intégrées est orientée à 45° à l'est du sud. L'incidence des modifications apportées à la conception sur le potentiel d'énergie solaire est montrée au tableau 4. L'option du concept n° 1 d'une construction neuve oriente la façade principale au sud et montre une augmentation de 11 % du rayonnement total annuel

Figure 4 Maison durable construite pour le Nord d'Arviat

disponible. Puisque l'inclinaison optimale de la maison d'Arviat est inférieure à 90 degrés, les options des concepts n° 2 et n° 3 d'une construction neuve examinent la possibilité d'ajouter un surplomb en pente sur la façade disponible à 75 et 60 degrés respectivement. L'option du concept n° 3 d'une construction neuve augmenterait ainsi le total annuel de rayonnement solaire disponible de 35 % par rapport à l'option de rénovation du bâtiment actuel. L'auvent pourrait aussi fournir de l'ombrage pour les fenêtres en été, réduisant du même coup la possibilité de surchauffe. Dans l'option du concept n° 4 d'une construction neuve, on a étudié l'effet de prolonger la façade au sud en augmentant la pente du toit du côté nord. Dans la mesure où la construction de la pente du toit demeure réalisable, on prévoyait que cette option offre 2,6 fois plus de rayonnement que l'option de rénovation du bâtiment actuel.

Tableau 5 Résumé des différents scénarios de conception pour la Maison durable construite pour le Nord d'Arviat

	Rénovation de la construction actuelle	**Concept n° 1 d'une construction neuve**	**Concept n° 2 d'une construction neuve**	**Concept n° 3 d'une construction neuve**	**Concept n° 4 d'une construction neuve**
Description	Ajouter une rangée de panneaux au-dessus des fenêtres pour couvrir la façade orientée au sud-est	Orienter la façade principale au sud, ajouter une rangée de panneaux au-dessus des fenêtres	Orienter la façade principale au sud, ajouter un surplomb de toit à 75° et ajouter des panneaux sur le surplomb	Orienter la façade principale au sud, ajouter un surplomb de toit à 60° et ajouter des panneaux sur le surplomb	Orienter la façade principale au sud, modifier le toit à 60° et 4:12 et ajouter des panneaux au toit au sud
Inclinaison	 Façade verticale originale avec le toit original à 2:12	 Façade verticale originale avec le toit original à 2:12	 Ajouter un auvent à 75° avec le toit original à 2:12	 Ajouter un auvent à 60° avec le toit original à 2:12	 Modifier le toit à 60° (sud) et 4:12 (nord)
Orientation de la face en pente du toit	45° sud-est	 Face au sud	 Face au sud	 Face au sud	 Face au sud
Superficie disponible sur le toit principal	22 m² (façade)	22 m² (façade)	23 m²	25,5 m²	46,6 m²
Rayonnement quotidien moyen disponible	3,82 kWh/m²/jour 81 % du max.	4,26 kWh/m²/jour 91 % du max.	4,59 kWh/m²/jour 98 % du max.	4,70 kWh/m²/jour 100 % du max.	4,70 kWh/m²/jour 100 % du max.
Rayonnement total annuel disponible sur la surface	84 MJ	94 MJ	105 MJ	120 MJ	219 MJ

CONCLUSIONS

Les résultats de l'étude démontrent la variabilité du potentiel solaire annuel des maisons dans le Nord selon leur orientation et l'angle d'inclinaison des toits qui reçoivent l'énergie solaire. Même si les maisons sont situées dans des villes différentes à travers le Nord, les résultats étaient relativement uniformes. Par exemple, bien qu'il soit avantageux du point de vue des gains solaires d'orienter la maison suivant l'axe le plus long orienté d'est en ouest (c'est-à-dire à 90 degrés avec le sud afin de maximiser les gains sur une surface de toit orientée au sud), un écart de 15 % n'avait pas une incidence importante sur le potentiel solaire. Toutefois, un écart de 90 degrés pourrait réduire de 30 % ou plus le rayonnement solaire annuel qui atteint la surface du toit. En ce qui a trait à l'inclinaison du toit, on a découvert qu'en passant d'un toit à faible pente relative (par exemple, 4:12) à des pentes plus inclinées, on obtenait généralement une augmentation du potentiel solaire annuel des surfaces orientées au sud. Cependant, à mesure que la pente approche les 90 degrés, le potentiel solaire annuel commence à diminuer parce que l'angle de rayonnement est plus grand par rapport à la verticale durant l'été, lorsque l'énergie solaire potentielle atteint sa valeur de pointe. L'étude montre le besoin de modéliser soigneusement le potentiel solaire au stade de la conception afin que l'orientation de la maison et les surfaces de captage de l'énergie solaire puissent être optimisées.

Conséquences pour le secteur de l'habitation du Nord

Les résultats de l'étude démontrent que, bien qu'il y ait un important potentiel pour capter l'énergie solaire afin de compenser les besoins en énergie dans les maisons du Nord, le captage réel de l'énergie solaire dépend beaucoup de l'orientation de la maison sur le terrain et des angles des surfaces de captage de l'énergie solaire. Par conséquent, pour optimiser le potentiel en énergie solaire des habitations dans le Nord, il faut porter une attention particulière à la planification et à la conception tant des maisons que des collectivités.

Directeur de projet à la SCHL : Cate Soroczan

Consultants pour le projet de recherche :
Artic Energy Alliance

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

68280

©2015, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 26-03-15

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.